resipod family

Bedienungsanleitung

Prüfung der Dauerhaftigkeit von Beton

proceq

Hergestellt in der Schweiz

...über 50 Jahre messbare Erfahrung!

Inhaltsverzeichnis

1 Sicherheit und Haftung 3

2 Inbetriebnahme 3
2.1 Resipod: Grundlagen 3
2.2 Das Messprinzip des Resipod 4
2.3 Die Anzeige des Resipod 5

3 Messung des spezifischen Widerstands mit dem Resipod 7
3.1 Durchführen einer Messung 7
3.2 Speicherfunktion 8

4 Messung des spezifischen Widerstands vor Ort 10
4.1 Einflüsse 10
4.2 Anwendungsbereiche 11

5 Anwendungen in der Qualitätskontrolle 13
5.1 Resipod Bulk Resistivity 13
5.2 Resipod Geometric 16

6 Geräte, Teile und Zubehör 17

7 Technische Daten 17

8 Wartung und Support 18

9 ResipodLink Software 20

© by Proceq SA

1 Sicherheit und Haftung

Sicherheit und Sicherheitsmassnahmen

Diese Betriebsanleitung enthält wichtige Informationen und Sicherheitshinweise in Bezug auf die Wartung und den Betrieb des Resipod. Studieren Sie die Bedienungsanleitung vor der Inbetriebnahme des Geräts gründlich. Bewahren Sie die Bedienungsanleitung an einem sicheren Ort auf, damit sie auch in Zukunft zu Rate gezogen werden kann.

Haftung

Unsere “Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen” sind in jedem Fall anwendbar. Gewährleistungs- und Haftungsansprüche infolge von Personen- und Sachschäden können nicht geltend gemacht werden, wenn sie auf eine oder mehrere der folgenden Ursachen zurückzuführen sind:

- Verwendung des Geräts zu einem anderen als dem in dieser Bedienungsanleitung beschriebenen Zweck.
- Fehler bei Funktionskontrolle, Betrieb oder Wartung des Geräts und seiner Komponenten.
- Nichtbeachtung der in der Bedienungsanleitung enthaltenen Angaben zu Funktionskontrolle, Betrieb und Wartung des Geräts und seiner Komponenten.
- Unzulässige Änderungen am Gerät und seinen Komponenten.
- Schwere Beschädigungen durch die Einwirkung von Fremdkörpern, infolge von Unfällen, Vandalismus und höherer Gewalt.

Alle Angaben in dieser Dokumentation wurden in Treu und Glauben zusammengestellt und sind nach bestem Wissen richtig. Proceq SA übernimmt keinerlei Gewähr und schliesst jede Haftung für die Vollständigkeit bzw. Richtigkeit der Angaben aus.

Sicherheitsvorschriften

Das Gerät darf nicht von Kindern oder Personen bedient werden, die unter dem Einfluss von Alkohol, Drogen oder Arzneimitteln stehen. Personen, die nicht mit der Bedienungsanleitung vertraut sind, dürfen das Gerät nur unter Aufsicht bedienen.

2 Inbetriebnahme

Hinweis: Bei der Lieferung sind die Akkupakete nicht voll aufgeladen. Akkus vor der Inbetriebnahme des Geräts bitte voll aufladen. Um Beschädigungen der Akkus zu vermeiden, Akkus nicht tiefentladen oder langfristig im entladenen Zustand lagern. Gerät bei Zimmertemperatur lagern und Akku mindestens einmal jährlich voll aufladen.

2.1 Resipod: Grundlagen

Aufladen des Resipod
Das Symbol für den Akku-Ladezustand wird angezeigt, wenn der Akku bis auf 10% seiner Kapazität entladen ist. Zu diesem Zeitpunkt können noch zahlreiche Messungen vorgenommen werden, es empfiehlt sich jedoch, das Gerät zum Aufladen des Akkus mit dem Ladegerät oder einem PC (USB-Anschluss) zu verbinden. Ein vollständiger Ladezyklus dauert ca. sechs Stunden. Die netzunabhängige Betriebsdauer eines voll aufgeladenen Akkus beträgt > 50 Stunden.

Betrieb: Gerät ein- und ausschalten
Zum Einschalten Taste “Halten” seitlich am Resipod drücken.
Taste >2 s gedrückt halten, um das Gerät auszuschalten. Das Gerät schaltet sich nach 10 min. im Standby-Betrieb automatisch aus.

Halten

Speichern

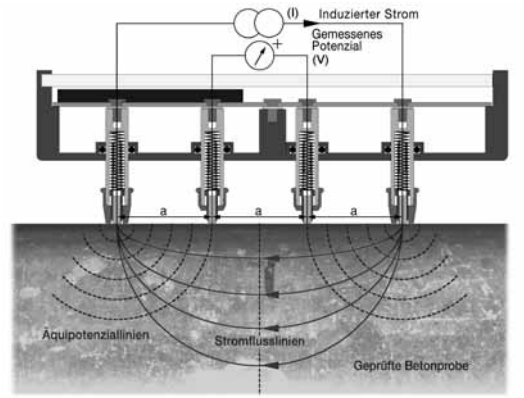
Funktionskontrolle
Funktionskontrolle wie in Abschnitt 8 beschrieben durchführen.

Gerät zurücksetzen

Unter der wasserdichten Abdeckung des USB-Anschlusses befindet sich ein kleiner Reset-Knopf. Durch Drücken dieses Knopfs mit einer Büroklammer kann das Gerät zurückgesetzt werden, wenn es abgestürzt ist oder nicht reagiert.

2.2 Das Messprinzip des Resipod

Das Resipod ist eine Weiterentwicklung des branchenüblichen CNS Farnell RM MKII Widerstandsmessgeräts und beruht auf dem Funktionsprinzip der Wenner-Sonde.

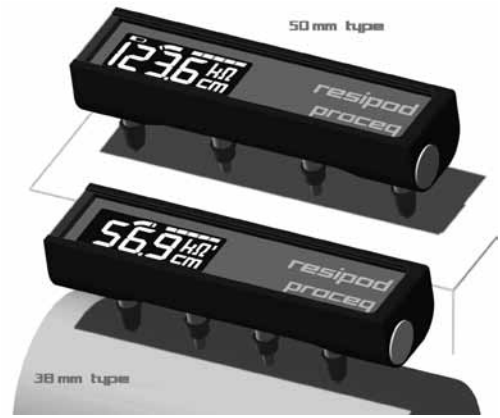


Das Resipod dient zur Messung des spezifischen elektrischen Widerstands von Beton. An die beiden äusseren Elektroden wird eine Spannung angelegt. Der Strom wird durch Ionen in der Porenflüssigkeit transportiert. Anschliessend wird die Potenzialdifferenz zwischen den beiden inneren Elektroden gemessen. Der berechnete spezifische Widerstand hängt von den Abständen zwischen den Elektroden ab.

Spezifischer Widerstand $\rho = 2\pi aV/I$ [kΩcm]

© by Proceq SA

Ausführungen des Resipod



Das Resipod ist in zwei Ausführungen erhältlich:

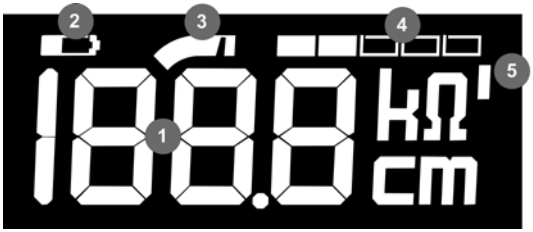
- Das Modell mit einem Elektrodenabstand von 50 mm entspricht dem gängigen Branchenstandard.

- Das Modell mit einem Elektrodenabstand von 38 mm (1.5”) entspricht dem Standard der American Association of State Highway and Transportation Officials zur Prüfung des spezifischen Oberflächenwiderstands.

Aufgrund der inhomogenen Beschaffenheit von Beton werden grössere Elektrodenabstände bevorzugt, weil dadurch bei der Messung ein homogenerer Stromfluss ermöglicht wird. Diesem Vorteil steht der Nachteil gegenüber, dass der Einfluss von Bewehrungsstahl auf die Messung (siehe Abschnitt 4.1) nach Möglichkeit vermieden werden sollte. Ein Abstand von 50 mm gilt gemeinhin als sinnvolle Übereinkunft.

Beide Geräte arbeiten mit einer digital erzeugten Wechselspannung von 40 Hz bei 38 V max.

2.3 Die Anzeige des Resipod



1. Gemessener spezifischer Widerstand
2. Akku-Ladezustand
3. Messbereich
4. Stromstärke
   20%, 40%, 60%, 80%, 100%
5. Skalierter Messwert

Gemessener spezifischer Widerstand

Die Anzeigeauflösung ist abhängig vom gemessenen spezifischen Widerstand und der angelegten Nennspannung. Siehe Technische Daten.

Akku-Ladezustand

Das Symbol für den Akku-Ladezustand wird angezeigt, wenn der Akku bis auf 10% seiner Kapazität entladen ist. Andernfalls ist es ausgeblendet.

Messbereich

Das Resipod verfügt über zwei Strommessbereiche.

Messbereichsanzeige zeigt nach rechts: 200 µA Messbereich

Vorausgesetzt, der externe Widerstand (Kontaktwiderstand der beiden äusseren Elektroden plus Widerstand der Probe) ist nicht zu hoch, legt das Resipod die maximale Spannung (200 µA) an die Probe an.

Messbereichsanzeige zeigt nach links: 10 - 50 µA Messbereich

Ist der externe Widerstand zu hoch, wechselt das Resipod automatisch zu 50 µA.

Bei noch höheren Widerständen legt das Gerät die Maximalspannung an den äusseren Elektroden an und erfasst den resultierenden Stromfluss durch die Probe. In diesem Fall handelt es sich beim anzeigten spezifischen Widerstand um einen berechneten Wert (Spannung zwischen den inneren Elektroden geteilt durch den in den äusseren Elektroden erfassten Strom), der auf den nächstgelegenen kΩcm gerundet ist. Dieser Modus funktioniert bis zu einem Strom von 10 µA (ein Segment leuchtet). Unterhalb dieses Bereichs wird “OL” angezeigt. (Siehe Abschnitt “Anzeige für schlechte Verbindung” unten.)

Stromstärke

Wenn alle fünf Segmente leuchten, werden die vollen 200 µA oder 50 µA an die Probe angelegt. Ist dies nicht möglich, (siehe oben), zeigt das Display den induzierten Strom auf das nächstgelegene Vielfache von 10 µA gerundet an.

Skalierter Messwert

Die ResipodLink Software erlaubt dem Anwender die Korrektur des angezeigten Messwerts. Diese Funktion wird vor allem bei individuell eingestellten Elektrodenabständen verwendet, da in diesem Fall der zur Berechnung des spezifischen Widerstands herangezogene Elektrodenabstand geändert werden muss. Ausserdem kann mit dieser Funktion eine Korrektur auf der Grundlage eines Formfaktors vorgenommen werden.

Wenn der Apostroph rechts vom Symbol “kΩ” leuchtet, wurde ein Korrekturfaktor angewendet.

3 Messung des spezifischen Widerstands mit dem Resipod

Vorbereitung der Betonoberfläche

Die Betonoberfläche darf keine elektrisch isolierende Beschichtung aufweisen und sollte sauber sein. Das Raster der Bewehrung unter der Oberfläche sollte mit Hilfe eines Bewehrungssuchers (z.B. dem Profoscope) ermittelt werden. Bei vollkommen trockenem Beton ist keine Messung möglich, da der Strom durch Ionen in der Porenflüssigkeit transportiert wird (siehe 2.2). Daher muss die Oberfläche möglicherweise angefeuchtet werden.

3.1 Durchführen einer Messung

Die wichtigste Voraussetzung für zuverlässige Messungen ist eine gute Verbindung zwischen dem Gerät und der Betonoberfläche. Kontakte vor der Durchführung der Messung mehrere Male in Wasser tauchen. Zu diesem Zweck ein flaches Gefäss verwenden, damit die Kontakte gegen den Boden gedrückt werden können, sodass sich die Sammelbehälter füllen. Resipod fest nach unten drücken, bis die beiden äusseren Gummikappen auf der zu prüfenden Oberfläche aufliegen.

Anzeige für schlechte Verbindung

Bei einer schlechten Verbindung zeigt das Resipod eine der folgenden Warnungen an.

Keine Verbindung hergestellt (“Open Line”)
Schlechte Verbindung zwischen den beiden äusseren Elektroden und der Betonoberfläche. Keine Messung möglich.

Die beiden inneren Elektroden haben keinen Kontakt
Probe auf Löcher oder trockene Stellen prüfen.

Oder der spezifische Widerstand der Probe ist <1kΩcm
Der spezifische Widerstand des Materials ist extrem niedrig.

Messbereich überschritten (“Overflow”)
Der gemessene spezifische Widerstand befindet sich ausserhalb des Messbereichs. Dieser Grenzwert hängt vom Elektrodenabstand ab, liegt jedoch typischerweise bei einem spezifischen Widerstand von >1000 kΩcm.

Auswahl der Kontakte

Mit den robusten Elektrodenspitzen aus Stahl kann eine dünne Schicht der Betonoberfläche abgekratzt werden, um eine bessere Verbindung herzustellen. Infolge der Grösse der Kontakte ist es jedoch nicht immer möglich, die vollen 200 µA an den Beton anzulegen, um eine maximale Messauflösung zu erzielen.

© by Proceq SA

Aus diesem Grund sind für das Resipod auch Schaumkontakte mit grosser Oberfläche erhältlich. Stahlkontakte einfach abnehmen und durch Schaumkontakte ersetzen. Auch die Schaumkontakte sollten vor der Durchführung von Messungen angefeuchtet werden.

Die Funktionen Halten und Speichern

Sobald ein stabiler Messwert erfasst wurde, Taste “Halten” seitlich am Resipod drücken, um den Messwert in der Anzeige zu fixieren.

Halten

- Die Anzeige blinkt, um den Status “Halten” anzuzeigen.
- Taste “Halten” erneut drücken, um in den Messmodus zurückzukehren oder:

Speichern

- Taste “Speichern” drücken, um den Messwert zu speichern. Ein “m” zeigt an, dass ein neuer Messwert an diesem Speicherort abgelegt wurde. (Im Beispiel ist dieser Messwert der erste, der im Speicherobjekt 2 abgelegt wurde.)

3.2 Speicherfunktion

Das Resipod kann bis zu 512 Messungen speichern. Der Speicher ist so aufgebaut, dass die Messwerte in Objekten von 1 bis 19 abgelegt werden. Jedes Objekt kann bis zu 99 Messwerte enthalten.

Objekt 1, Messwert 1

Objekt 19, Messwert 99

Der letzte Eintrag “Objekt, Messwert” kann einfach durch Drücken der Taste “Speichern” angezeigt werden, wenn sich das Gerät nicht im Modus “Halten” befindet.

Weiter zum nächsten Objekt

Resipod aus- und wieder einschalten, um mit der Messung eines neuen Objekts zu beginnen.

Hinweis: Das Resipod wechselt nach dem Aus- und Wiedereinschalten immer zu einem neuen Objekt. Wenn Sie mit der Messung im vorigen Objekt fortfahren möchten, löschen Sie einfach den aktuellen Messwert wie unten beschrieben, und das Gerät kehrt automatisch zum vorigen Objekt zurück.

Löschen eines Messwerts

Der letzte gemessene Wert wurde als Objekt 4, Messwert 3 gespeichert.

Zum Löschen dieses Messwerts Taste “Halten” drücken, damit die Anzeige zu blinken beginnt.

(Wird das Resipod zu diesem Zweck hochgehalten, wird die Warnung “OL” angezeigt und blinkt.)

Taste “Speichern” zwei Sekunden lang drücken, um den Messwert zu löschen.

Objekt 4, Messwert 3 wurde gelöscht. Im Display wird mit einem kleinen “c” (“cancelled”) angezeigt, dass der letzte Messwert gelöscht wurde. Weitere Messwerte können ebenfalls auf diese Art gelöscht werden, jedoch nur der Reihe nach. Es können keine Messwerte übersprungen und frühere Messwerte gelöscht werden.

Speicherstatus

Einige Spezialanzeigen geben Auskunft über den Speicherstatus.

Objektanzahl >19.
Alle 19 Objekte sind in Verwendung. Vor der weiteren Speichernutzung müssen Messwerte gelöscht werden (siehe Anleitung oben).

Messwertanzahl >99.
Das aktuelle Objekt ist ausgeschöpft. Zum nächsten Objekt wechseln, um weitere Messwerte zu speichern (siehe Anleitung oben).

Der Speicher ist leer.

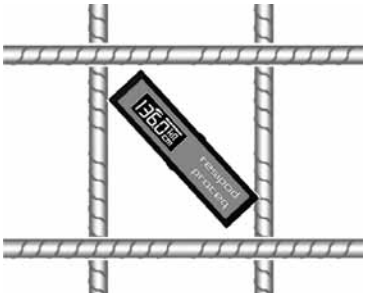
© by Proceq SA

4 Messung des spezifischen Widerstands vor Ort

4.1 Einflüsse

Einfluss von Bewehrungsstäben auf die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands

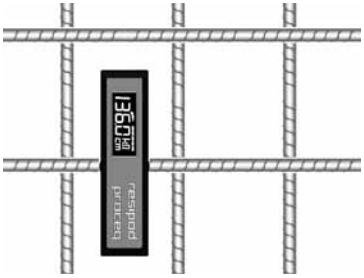
Bewehrungsstäbe wirken sich negativ auf die Messung des spezifischen elektrischen Widerstands aus, da sie den Strom sehr viel besser leiten als der sie umgebende Beton. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Überdeckung weniger als 30 mm beträgt. Wenn möglich, sollten sich nicht direkt unter dem Gerät Bewehrungsstäbe befinden. Ausserdem sollten die Bewehrungsstäbe nicht parallel zum Gerät verlaufen. Die empfohlene Ausrichtung während der Messung ist abhängig vom Abstand der Bewehrungsstäbe im Vergleich zum Elektrodenabstand.



Die optimale Ausrichtung des Geräts bei der Messung ist diagonal zu den Bewehrungsstäben, wie in der Abbildung dargestellt. Dies ist nur möglich, wenn die Distanz zwischen den äusseren Elektroden kürzer ist als die Abstände zwischen den Bewehrungsstäben.

Beim Resipod 38 mm beträgt die Distanz zwischen den äusseren Elektroden 38 x 3 = 114 mm (4.5”).

Beim Resipod 50 mm beträgt die Distanz zwischen den äusseren Elektroden 50 x 3 = 150 mm (5.9”).



Sind die Abstände zwischen den Bewehrungsstäben so gering, dass sich immer ein Stab innerhalb der Distanz zwischen den äusseren Elektroden des Resipod befindet, kann der Einfluss des Stahls minimiert werden, indem das Gerät zur Messung im rechten Winkel zu den Stäben positioniert wird, wie in der Abbildung dargestellt.

Das Dokument TC154-EMC: ELECTROCHEMICAL TECHNIQUES FOR MEASURING METALLIC CORROSION der RILEM empfiehlt in diesem Fall, fünf Messwerte an derselben Stelle zu erfassen, wobei das Gerät nach jeder Messung einige Millimeter bewegt wird, und den Median der fünf Werte zu berechnen.

Einfluss der Korngrösse

Wie in Abschnitt 2.2 erläutert, fliesst der Strom in der Porenflüssigkeit des Betons. Nach Möglichkeit sollte der Elektrodenabstand grösser als die maximale Korngrösse sein, da die Körnung üblicherweise nicht leitet. Resipod Geometric mit dem Zubehör für variablen Elektrodenabstand sollte für Korngrössen verwendet werden, die die Aggregatsgrössen der Resipod-Standardabstände (38 mm und 50mm) übersteigen.

Einfluss der Temperatur

Die Temperatur des Betons sollte gemessen und zusammen mit dem spezifischen Widerstand festgehalten werden. Bei steigender Temperatur nimmt der spezifische Widerstand ab. Referenzwerte des spezifischen Widerstands werden üblicherweise für 20°C (68°F) angegeben. Empirische Studien haben gezeigt, dass ein Temperaturanstieg von einem Grad den spezifischen Widerstand von gesättigtem Beton um 3% und jenen von trockenem Beton um 5% reduzieren kann.

Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts

Ein höherer Feuchtigkeitsgehalt senkt den spezifischen Widerstand. Dies kann auf die Sättigung oder auf eine Veränderung des Verhältnisses zwischen Wasser und Zement zurückzuführen sein.

Einfluss der Karbonatisierung
Der spezifische Widerstand von karbonatisiertem Beton ist höher als jener von unkarbonatisiertem Beton. Ist die Tiefe der karbonatisierten Schicht allerdings deutlich geringer als der Elektrodenabstand, ergibt sich daraus nur ein geringer Einfluss auf das Messergebnis. Ist die karbonatisierte Schicht jedoch dick, kann eine Erhöhung des Elektrodenabstands erforderlich sein, um zuverlässige Ergebnisse zu erzielen.

4.2 Anwendungsbereiche

Empirische Untersuchungen und Theorien haben gezeigt, dass ein unmittelbarer Zusammenhang erstens zwischen dem spezifischen Widerstand und der Korrosionswahrscheinlichkeit infolge einer Chloriddiffusion und zweitens zwischen dem spezifischen Wiederstand und der Korrosionsgeschwindigkeit nach der erfolgten Depassivierung des Stahls besteht.

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit
Messungen des spezifischen Widerstands können zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit dienen. Bei einem geringen spezifischen elektrischen Widerstand (ρ) des Betons steigt die Korrosionswahrscheinlichkeit. Bei einem hohen spezifischen elektrischen Widerstand (z.B. bei trockenem und karbonatisiertem Beton) sinkt die Korrosionswahrscheinlichkeit. Im Rahmen von empirischen Untersuchungen wurden die folgenden typischen Werte für den gemessenen spezifischen Widerstand festgelegt, die zur Ermittlung der Korrosionswahrscheinlichkeit herangezogen werden können. Diese Werte gelten für normalen Portlandzement bei 20 °C.

Bei $\geq$ 100 kΩcm	Vernachlässigbare Korrosionsgefahr
Bei = 50 bis 100 kΩcm	Geringe Korrosionsgefahr
Bei = 10 bis 50 kΩcm	Mittlere Korrosionsgefahr
Bei $\leq$ 10 kΩcm	Hohe Korrosionsgefahr

Angabe der Korrosionsgeschwindigkeit
Für depassivierten Stahl wurde die nachstehende Auswertung von Messungen des spezifischen Widerstands mit dem Wenner-System mit vier Elektroden vorgeschlagen (Langford und Broomfield, 1987).

> 20 kΩ cm	Geringe Korrosionsgeschwindigkeit
10-20 kΩ cm	Geringe bis mittlere Korrosionsgeschwindigkeit
5-10 kΩ cm	Hohe Korrosionsgeschwindigkeit
< 5 kΩ cm	Sehr hohe Korrosionsgeschwindigkeit

Empirische Referenzwerte
Im Laufe der Jahre wurden in zahlreichen Studien umfangreiche empirische Daten zum spezifischen Widerstand gesammelt. Die hier zitierten Daten sind der Empfehlung “Test methods for on-site measurement of resistivity of concrete – a RILEM TC-154 technical recommendation” von Rob B. Polder entnommen. Die Werte wurden in kΩcm umgerechnet, um mit den Anzeigewerten des Resipod vergleichbar zu sein. Weitere Einzelheiten zur Auswertung von Messdaten enthält die genannte Empfehlung.

© by Proceq SA

Globale Referenzwerte für den spezifischen elektrischen Widerstand gealterter Betonbauwerke (Alter > 10 Jahre) bei 20°C

Umgebung	Elektrischer Widerstand des Betons ρ kΩcm	
	Normaler Portlandzement (CEM I)	Hochofenzement (>65% Schlacke) oder Flugasche (>25%) oder Mikrosilika (5%)
Sehr nass, unter Wasser, Spritzwasserzone, Nebelraum	5-20	30-100
Im Freien, ungeschützt	10-40	50-200
Im Freien, geschützt, beschichtet, hydrophobiert (nicht karbonatisiert) (20°C / 80% rF)	20-50	100-400
Im Freien, geschützt wie oben (karbonatisiert)	100 und höher	200-600 und höher
Innenraumklima (karbonatisiert) 20°C / 50% rF	300 und höher	400-1000 und höher

Kartierung des spezifischen Widerstands

Die Kartierung des spezifischen Widerstands eines Bauwerks erlaubt interessante Auswertungen durch den Vergleich der Messwerte mit den in der obigen Tabelle angeführten Referenzwerten. Dabei sollte die oben beschriebene Temperaturkorrektur berücksichtigt werden. Bei identischen Umgebungsbedingungen können unterschiedliche Messwerte für den spezifischen Widerstand auf lokale Abweichungen des Wasser-/Zementverhältnisses hinweisen. Ist bekannt, dass der Beton innerhalb des Bauwerks homogen ist, kann durch die Messung des spezifischen Widerstands die relative Feuchtigkeit bzw. Trockenheit der verschiedenen Bereiche ermittelt werden.

Korrelation mit der Durchlässigkeit

Studien haben gezeigt, dass der spezifische Widerstand direkt mit der Chloriddiffusionsgeschwindigkeit korrelieren kann. Bei der Kartierung des spezifischen Widerstands eines Betonbauwerks vor Ort werden die durchlässigsten Bereiche ermittelt. Diese Bereiche weisen eine höhere Anfälligkeit für das Eindringen von Chlorid auf. Die Ausführung des Resipod mit einem Elektrodenabstand von 38 mm entspricht den Anforderungen des Surface Resistivity Tests der AASHTO, bei dem der spezifische Widerstand der Oberfläche als Indikator für die Durchlässigkeit des Betons dient. Weitere Informationen zu diesem Verfahren enthält die offizielle Website der AASHTO unter der Adresse http://tig.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx.

Vor-Ort-Prüfung der Wirksamkeit der Nachbehandlung

Vor Ort können Messungen des spezifischen Widerstands vorgenommen werden, um festzustellen, ob der Beton zu rasch austrocknet. Diese Anwendung ist besonders in heissen Ländern von Bedeutung, wo eine vorzeitige Austrocknung des Betons aufgrund der nicht abgeschlossenen Hydrationsreaktion zu einer Schwächung der Gebäudestruktur führen kann. Dieses Verfahren macht sich die starke Abhängigkeit des spezifischen Widerstands von der Feuchtigkeit des Betons zu Nutze. Die vor Ort durchgeführten Messungen werden mit Messungen abgeglichen, die an einem gesättigten Referenzzylinder vorgenommen wurden. Auf diese Art wird ein relativer spezifischer Widerstand ermittelt, der zur Isolierung der Auswirkungen der Feuchtigkeit und somit zur Ermittlung der vorzeitigen Austrocknung dient. Weitere Informationen zu diesem Thema enthält der Artikel “Electrical resistivity as a tool to on site assessment of curing efficiency” von L. Fernandez Luco, C. Andrade und M. A. Climent (Juni 2009).

Messungen des spezifischen Widerstands und kathodische Schutzsysteme

Die Wirksamkeit eines kathodischen Schutzsystems ist in hohem Masse vom spezifischen Widerstand des Betons abhängig. Durch die Kartierung des spezifischen Widerstands vor der Installation eines solchen Systems lässt sich das Bauwerk in verschiedene Zonen unterteilen, die einen unterschiedlichen Stromfluss erfordern.

© by Proceq SA

5 Anwendungen in der Qualitätskontrolle

Die Ausführung des Resipod mit einem Elektrodenabstand von 38 mm entspricht den Anforderungen des Surface Resistivity Tests TP 95-11 der AASHTO, bei dem der spezifische Widerstand der Oberfläche als Indikator für die Permeabilität des Betons dient. Weitere Informationen zu diesem Verfahren enthält die offizielle Website der AASHTO unter der folgenden Adresse: http://tig.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx.

Die Resipod Familie wird durch zwei weitere Geräte für unterschiedliche Anwendungen vervollständigt. Die nachstehende Tabelle bietet einen Überblick über die möglichen Anwendungen.

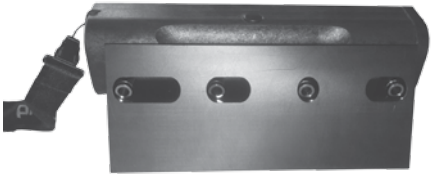
Anwendung	**Resipod**	**Resipod Geometric**	**Resipod Bulk Resistivity**
Messung des spezifischen Oberflächenwiderstands bei Standardzylindern (4 x 8 Zoll bzw. 100 x 200 mm oder 6 x 12 Zoll bzw. 150 x 300 mm) bis zur maximalen Aggregatsgrösse von 38 mm bzw. 1,5 Zoll. Fester Elektrodenabstand (1,5 Zoll bzw. 38 mm)	●	●	●
Messung des Durchgangswiderstands an Zylindern mit einem Durchmesser von bis zu 100 mm (4”)			●
Messung des spezifischen Oberflächenwiderstands an Zylindern mit Aggregatsgrössen die 38 mm bzw. 1,5 Zoll übersteigen		●	
Korrekturfaktor für den Elektrodenabstand	●	●	●
Korrekturfaktor für die Testkörper-Geometrie		●	
Anwendungsspezifischer Korrekturfaktor		●	
Variabler Elektrodenabstand		●	
Messung des Oberflachenwiderstands vor Ort: Schätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit, -geschwindigkeit und fur den Einsatz kathodischer Schutzsysteme	●	●	

5.1 Resipod Bulk Resistivity

Das Zubehör besteht aus einer praktischen Halterung für das Gerät, Kabeln, die einfach an den rückwärtigen Anschlüssen angebracht werden können, und den Messplatten mit leitenden Schaumkontakten für 4”x8” Zylinder.

Die Halterung kann für beide Resipod Modelle (38 mm und 50 mm) verwendet werden.

Resipod 38 mm in Halterung



Resipod 50 mm in Halterung

Anschluss der Kabel

Die Kabel werden wie in der Abbildung dargestellt angebracht.

Messung der Abweichung

Die Schaumkontakte sorgen für den elektrischen Kontakt zum Zylinder, doch sie verfügen auch ihrerseits über einen Widerstand, der ermittelt und kompensiert werden muss, damit der tatsächliche Durchgangswiderstand des zu prüfenden Zylinders gemessen werden kann.
Der Widerstand der Schaumkontakte unterscheidet sich je nach angewendetem Druck.
Der Widerstand des oberen und unteren Schaumkontakts kann folgendermassen gemessen werden:

Prüfanordnung zur Messung des Widerstands des oberen Schaumkontakts (R_{oben}):

Obere Messplatte

Oberer Schaumkontakt

Untere Messplatte

© by Proceq SA

Prüfanordnung zur Messung des Widerstands des unteren Schaumkontakts (R_{unten}):

Zu prüfender Zylinder

Obere Messplatte
Unterer Schaumkontakt
Untere Messplatte

Prüfanordnung zur Messung des Durchgangswiderstands des Zylinders ($R_{gemessen}$):

Obere Messplatte
Oberer Schaumkontakt

Zu prüfender Zylinder

Unterer Schaumkontakt
Untere Messplatte

Der gemessene Widerstand ist die Summe des Widerstands des Zylinders und der beiden Kontakte, also:

$R_{Zylinder} = R_{gemessen} – R_{oben} - R_{unten}$

© by Proceq SA

Berechnung des Durchgangswiderstands

Das Resipod zeigt den Messwert in kΩcm an. Der vom Resipod angezeigte Wert wird durch 2πa dividiert (wobei "a" dem Elektrodenabstand, also entweder 3.8 cm oder 5.0 cm) entspricht. Für ein Resipod mit einem Elektrodenabstand von 38 mm gilt:

Zylindergrösse	2πa	A (cm2)	L (cm)	A/L (cm)
4x8	23.88	81.07	20.32	3.99

Der Durchgangswiderstand $\rho = K \times R_{Zylinder}$, wobei K = A/L

Beispiel
$R_{Zylinder}$ = 52 kΩcm
$R_{Zylinder}$ (korrigiert) = 52 / 23.88 = 2.18 kΩ
Durchgangswiderstand $\rho = K \times R_{Zylinder}$ = 2.18 x 3.99 = 8.69 kΩcm

Durchgangswiderstand in ResipodLink

ResipodLink bietet die Möglichkeit zur automatischen Berechnung des K-Werts. Dieser kann anschliessend auf das Resipod geladen werden, damit der Messwert direkt in kΩcm auf der Anzeige dargestellt wird. Siehe Abschnitt 9.

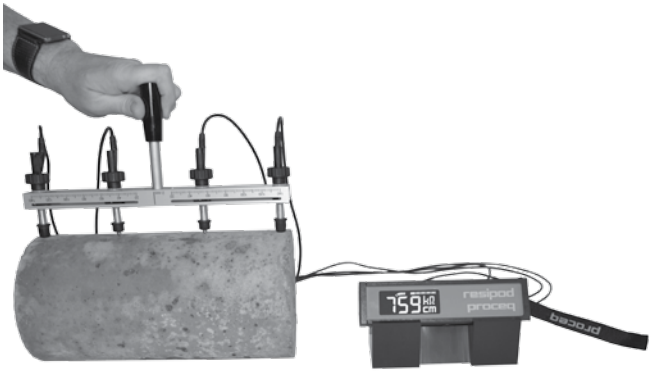
5.2 Resipod Geometric

Im Lieferumfang des Resipod Geometric ist eine Halterung für das Gerät sowie das Zubehör für variable Elektrodenabstände (40 bis 70 mm) für die Arbeit mit grossen Aggregatsgrössen enthalten.

Die ResipodLink Software (Abschnitt 9) ermöglicht die Eingabe des korrekten Elektrodenabstands sowie einem Korrekturfaktor für die Testkörper-Geometrie der die Anzeige des korrekten Widerstandswerts direkt am Gerät erlaubt.

Der Korrekturfaktor für die Testkörper-Geometrie für Zylinder entspricht dem Normentwurf zur Ausdehnung des AASHTO-Surface Resistivity Tests auf andere Testkörper-Geometrien.

Darüber hinaus hat der Benutzer auch die Möglichkeit, einen selbst ermittelten anwendungsspezifischen Korrekturfaktoreinzugeben.



© by Proceq SA

6 Geräte, Teile und Zubehör

Artikelnr.	Beschreibung
381 10 000	Resipod, 50 mm Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter
381 20 000	Resipod, 38 mm (1.2'') Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter
381 30 000	Resipod Bulk Resistivity, 50 mm Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter, Zubehör zur Messung des Durchgangswiderstands
381 40 000	Resipod Bulk Resistivity, 38 mm (1.5”) Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter, Zubehör zur Messung des Durchgangswiderstands
381 50 000	Resipod Geometric, 50 mm Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter, Resipod Geometric Zubehör
381 60 000	Resipod Geometric, 38 mm Elektrodenabstand, Teststreifen, Schaumkontakte, Ladegerät mit USB-Kabel, Software, Tragriemen, Dokumentation und Behälter, Resipod Geometric Zubehör

Teile und Zubehör	Beschreibung
381 01 088	Bulk Resistivity Zubehör
381 01 098	Resipod Geometric Zubehör
381 01 094	Zubehör für variablen Elektrodenabstand
381 01 089	Halterung für Resipod
381 01 043S	Schaumkontakt-Ersatzset (5x4)
381 01 092S	Bulk Resistivity Kontaktpads (10 Stück)
381 01 038	Resipod Teststreifen
381 01 031	Kontaktkappe innen (siehe Hinweis unten)
381 01 041	Kontaktkappe aussen (siehe Hinweis unten)
381 01 033	Kompletter Kontakt (siehe Hinweis unten)
381 01 036	Kontaktfeder
381 01 014	USB-Abdeckung
381 01 070	Schlüssel für USB-Anschluss
391 80 110	Tragriemen

Zum Austausch eines inneren Kontakts werden die Artikelnummern 381 01 031, 381 01 033 und 381 01 036 benötigt.
Zum Austausch eines äusseren Kontakts werden die Artikelnummern 381 01 041, 381 01 033 und 381 01 036 benötigt.

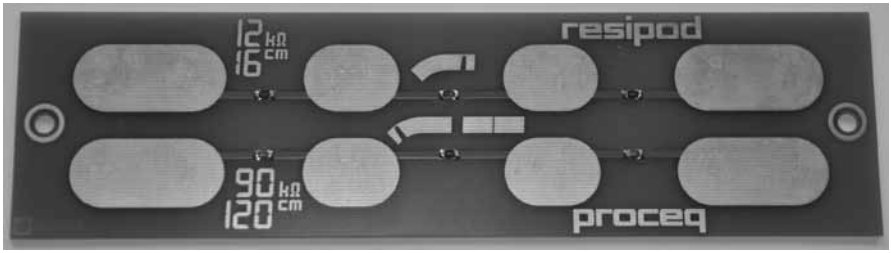
7 Technische Daten

Messbereich der Widerstandsmessung	1 kΩcm - ca. 1000 kΩcm (je nach Elektrodenabstand)
Messgenauigkeit (Nennstrom 200 µA)	±0.2 kΩcm oder ±1% (jeweils der höhere Wert)
Messgenauigkeit (Nennstrom 50 µA)	±0.3 kΩcm oder ±2% (jeweils der höhere Wert)
Messgenauigkeit (Nennstrom <50 µA)	±2 kΩcm oder ±5% (jeweils der höhere Wert)
Frequenz	40 Hz
Speicher	Batterie-unabhängig, ca. 500 Messwerte
Batterie-Lebensdauer	>50 Stunden netzunabhängig
Anschluss Ladegerät	USB Typ B, (5 V, 100 mA)
Dimensionen	197 x 53 x 69.7 mm (7.8 x 2.1 x 2.7 in)
Gewicht	318 g (11.2 oz)
Betriebstemperatur	0° bis 50°C (32° bis 122°F)
Lagertemperatur	-10° bis 70°C (14° bis 158°F)

8 Wartung und Support

Funktionskontrolle

Die ordnungsgemässe Funktion des Resipod kann mit Hilfe des mitgelieferten Teststreifens überprüft werden. Der Teststreifen kann mit beiden Resipod Ausführungen (38 mm (1.5”) und 50 mm Abstände) verwendet werden.



Die obere Reihe erlaubt eine Funktionskontrolle im vollen 200 µA Bereich. Die untere Reihe dient für die Funktionskontrolle im reduzierten 50 µA Bereich. Widerstände für die äusseren Flächen begrenzen den maximalen Strom auf ca. 20 µA (nur zwei Segmente im Streifen sind aktiv).

Die zu erwartenden Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle angeführt:

Strommessbereich	**Zu erwartendes Testergebnis 38 mm (1.5”) Abstand**	**Zu erwartendes Testergebnis 50 mm Abstand**
200µA (obere Reihe)	12 (±0.2) kΩcm	16 (±0.2) kΩcm
50 µA (untere Reihe)	90 (±1.8) kΩcm	120 (±2.4) kΩcm

© by Proceq SA

Reinigung der Elektroden und des Geräts

Die Elektroden können zur Reinigung, zum Austausch oder zur Anbringung von anderem Zubehör (z.B. Elektroden mit variablen Abständen) abgenommen werden. Die Elektroden verfügen über Schnappverschlüsse und können einfach abgezogen werden. Feder nicht verlieren!

Elektroden nach der Reinigung wieder in die Schäfte einführen und einrasten lassen. Ordnungsgemässen Sitz durch Drücken auf die Gummikappe prüfen, wie in der Abbildung dargestellt. Die Kappen der äusseren Elektroden sind länger als die der inneren.

Die Elektroden müssen feucht gehalten werden, wenn das Gerät nicht in Verwendung ist.

Das Gerät kann mit Wasser abgespült werden (zuvor sicherstellen, dass die USB-Abdeckung richtig sitzt). Da die Eingangsimpedanz des Geräts extrem hoch ist, muss sichergestellt werden, dass die Unterseite des Behälters sauber ist (Schmutz- oder Salzablagerungen könnten zu Leckströmen und damit zu fehlerhaften Messergebnissen führen).

Hinweis! Die Federn sind absichtlich lang gehalten, um einen gleichmässigen Druck auf alle vier Elektroden zu gewährleisten und gleichzeitig eine Verschiebung der inneren Spitzen von ± 4 mm bei unebenen oder gekrümmten Oberflächen zu erlauben.

Support

Durch Proceqs weltweites Service- und Supportnetz ist umfassender Support für das Gerät gewährleistet. Die Registrierung des Produkts auf www.proceq.com wird empfohlen, damit Sie Informationen über verfügbare Updates und andere interessante Themen erhalten.

Standard- und erweiterte Gewährleistung

Auf elektronische Komponenten des Geräts werden standardmässig 24 Monate, auf mechanische Komponenten 6 Monate Gewährleistung gewährt. Eine Garantieverlängerung um ein, zwei oder drei zusätzliche Jahre für die elektronischen Komponenten des Geräts kann binnen 90 Tagen nach dem Kaufdatum erworben werden.

9 ResipodLink Software

Installation von ResipodLink

Datei “ResipodLink Setup.exe” auf Ihrem Computer oder der CD suchen und doppelklicken. Den Anweisungen am Bildschirm folgen.
Sicherstellen, dass “Launch USB Driver install” ausgewählt ist.

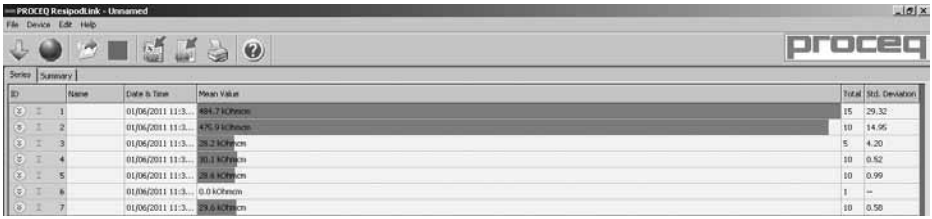
Starten von ResipodLink und Anzeigen von auf dem Resipod gespeicherten Daten

ResipodLink Symbol auf dem Desktop doppelklicken oder ResipodLink über das Startmenü aufrufen. ResipodLink startet mit einer leeren Liste.

Anwendungseinstellungen

Im Menüpunkt “Datei – Anwendungseinstellungen” kann der Benutzer die gewünschte Sprache und das zu verwendende Datums- und Zeitformat einstellen.

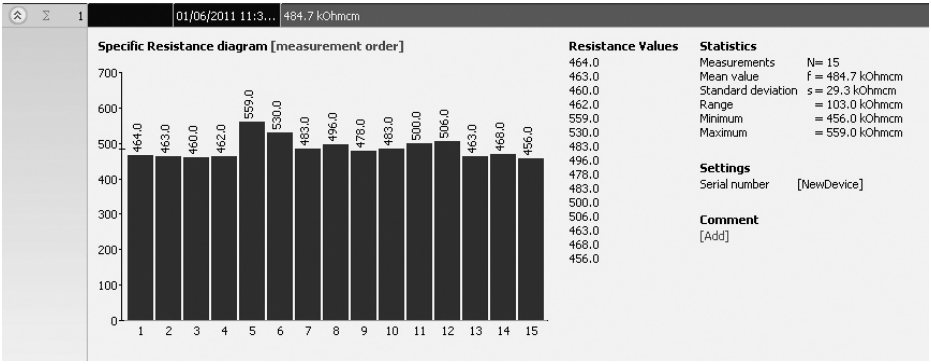
Resipod mit einem USB-Anschluss verbinden und auf dieses Symbol klicken, um alle Daten vom Resipod herunterzuladen.



Das Messobjekt wird durch eine “ID”-Nummer identifiziert.
Die Spalte “Name” erlaubt dem Benutzer die Eingabe eines Namens für das Messobjekt.
In der Spalte “Datum und Zeit” ist angegeben, wann die Daten auf den PC heruntergeladen wurden.
Der “Mittelwert” enthält den Mittelwert der Messungen in dieser Reihe.
Die “Summe” ist die Anzahl der Messungen in dieser Reihe.
Bei der “Standardabweichung” handelt es sich um die Standardabweichung der Messungen in dieser Reihe.

© by Proceq SA

Zum Anzeigen weiterer Informationen auf den Doppelpfeil in der Spalte “ID” klicken:



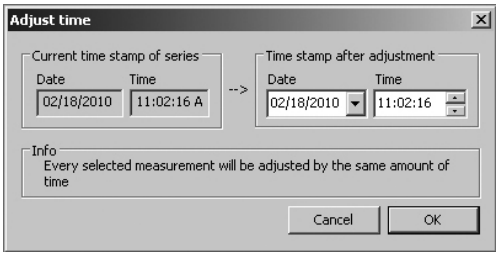
Hinweis: Auf “Hinzufügen” klicken, um einen Kommentar zum Objekt hinzuzufügen.

Ansicht “Zusammenfassung”

Neben der oben beschriebenen Ansicht “Messreihe” bietet ResipodLink dem Anwender auch eine Ansicht “Zusammenfassung”. Diese Ansicht ist vor allem bei Gleichmässigkeitsprüfungen praktisch, wenn Bereiche oder Objekte minderer Qualität rasch ermittelt werden müssen. Durch Klicken auf die jeweilige Registerkarte kann zwischen den Ansichten gewechselt werden.

Zur Aufnahme einer Messreihe in die Zusammenfassung bzw. zu ihrem Ausschluss auf das Symbol “Zusammenfassung” in der Spalte “ID” klicken. Dieses Symbol ist entweder schwarz oder grau hinterlegt gehalten und zeigt so an, ob die Messreihe derzeit in der Zusammenfassung aufscheint.

Anpassen von Datum und Zeit



In die Spalte “Datum und Zeit” rechtsklicken.

Die Zeit wird nur für die ausgewählte Messreihe angepasst.
Das Resipod besitzt keine integrierte Uhr, sodass das Datum und die Uhrzeit, die für heruntergeladene Daten angezeigt werden, der Zeitpunkt des Downloads ist.

Exportieren von Daten

ResipodLink ermöglicht den Export ausgewählter Objekte oder des gesamten Projekts zur Nutzung in Programmen von Drittanbietern. Auf das Messobjekt klicken, das exportiert werden soll.

Auf das Symbol “Als CSV-Datei(en) exportieren” klicken. Die Daten für dieses Messobjekt werden in ein oder mehrere trennzeichengetrennte Microsoft Office Excel-Dateien exportiert. Die Exportoptionen können im angezeigten Fenster eingestellt werden.

Auf das Symbol “Als Grafik exportieren” klicken, um das Fenster zu öffnen, das die Einstellung der verschiedenen Exportoptionen erlaubt.

In beiden Fällen wird ein Vorschaufenster mit den Auswirkungen der aktuellen Auswahl angezeigt.

Auf Exportieren klicken, um den Speicherort der Datei anzugeben, die Datei zu benennen und - bei der grafischen Ausgabe - das gewünschte Grafikformat anzugeben: .png, .bmp oder .jpg.

Löschen und Wiederherstellen von Daten
Der Menüpunkt “Bearbeiten – Löschen” erlaubt die Löschung einer oder mehrerer ausgewählter Messreihen der heruntergeladenen Daten.

Hinweis: Dabei werden die Daten nicht vom Resipod, sondern nur aus dem aktuellen Projekt gelöscht.

Wiederherstellen heruntergeladener Originaldaten
Menüpunkt “Datei – Alle Originaldaten wiederherstellen” auswählen, um die Daten im Originalformat, so wie sie ursprünglich heruntergeladen wurden, wiederherzustellen. Diese Funktion ist nützlich, wenn die Daten verändert wurden, Sie jedoch wieder zu den Rohdaten zurückkehren möchten. Eine Warnmeldung wird angezeigt, die Sie darauf hinweist, dass die Originaldaten wiederhergestellt werden. Warnmeldung zum Wiederherstellen bestätigen.

Hinweis: Namen oder Kommentare zu den Messreihen gehen bei diesem Vorgang verloren.

Löschen von auf dem Resipod gespeicherten Daten
Zur Löschung aller auf dem Resipod gespeicherten Daten Menüpunkt “Gerät – Alle Messdaten auf dem Resipod löschen” auswählen. Eine Warnmeldung wird angezeigt, die Sie darauf hinweist, dass alle Daten gelöscht werden. Warnmeldung zum Löschen bestätigen. Es ist nicht möglich, einzelne Messreihen zu löschen.

Weitere Funktionen
Die folgenden Menüpunkte sind über die Symbole in der Symbolleiste oben am Bildschirm zugänglich:

Symbol “PQUpgrade” - dient zum Upgraden Ihrer Firmware über das Internet oder lokale Dateien.

Symbol “Projekt öffnen” – dient zum Öffnen eines früher gespeicherten .pqr-Projekts.

Symbol “Projekt speichern” – dient zum Speichern des aktuellen Projekts.

Symbol “Drucken” – dient zum Ausdrucken des Projekts. Im Druckerdialog kann ausgewählt werden, ob alle oder nur ausgewählte Daten gedruckt werden sollen.

Einstellung eines Korrekturfaktors

Siehe Abschnitt 2.2. Die Standardanzeige am Resipod zeigt:
Widerstand $\rho = 2\pi aV/I$ [kΩcm], wobei “a” dem Standard-Elektrodenabstand des Geräts (entweder 38 mm oder 50 mm) entspricht.

Der Menüpunkt “Gerät – Messeinstellungen vornehmen” ermöglicht das Herunterladen eines Korrekturfaktors auf das Gerät, sodass der spezifische Widerstand direkt abgelesen werden kann, wenn das Gerät folgendermassen eingesetzt wird:

- Zubehör für den variablen Elektrodenabstand (381 01 094)
- Bulk Resistivity Zubehör (381 01 088)
- Unterschiedliche Testkörper-Geometrien

Hinweis: Bei der Arbeit mit der AASHTO TP95-11-Norm und dem Resipod Modell mit 38 mm ist keine Korrektur erforderlich, da diese bereits in den in der Norm genannten Werten berücksichtigt ist.

Hinweis: Wenn ein nicht standardmässiger Kontaktabstand oder ein geometrischer Korrekturfaktor eingestellt wird, werden alle Messungen auf dem Resipod gelöscht. Vor dem Fortfahren sollten daher gegebenenfalls auf dem Resipod vorhandene Messwerte gespeichert werden.

Messmethode

- Oberflächenmessung für die Wenner-Sonde mit vier Elektroden
- Messung des Durchgangswiderstands für die Arbeit mit dem Bulk Resistivity Zubehör

Kontaktabstand

- Standardabstand – je nach Resipod Modell entweder 38 mm oder 50 mm.
- Anwendungsspezifischer Abstand – mit dem Zubehör für den variablen Elektrodenabstand kann ein beliebiger Abstand zwischen 40 mm und 70 mm gewählt werden. Mit kundenspezifischen Verlängerungskabeln sind auch Abstände ausserhalb dieses Bereichs möglich.

Geometrischer Korrekturfaktor

- Flach – Standardeinstellung für Messungen vor Ort und zur Nutzung mit der AASHTO TP95-11-Norm.

- Zylinder – Einstellung von Länge und Durchmesser des zu prüfenden Zylinders.
  Der Korrekturfaktor für die Messung des Oberflächenwiderstands (k) wird anhand der im Entwurf der Norm zum spezifischen Oberflächenwiderstand gehärteter Zylinder enthaltenen Formel berechnet.

$$k \cong \frac{2\pi}{1.09 - \frac{0.527}{d/a} + \frac{7.34}{(d/a)^2}}$$

d = Durchmesser des Zylinders (mm), a = Elektrodenabstand (mm), L = Länge des Zylinders (mm)

Die Formel gilt, wenn $d/a \leq 4$ und $L/a \geq 5$ (d.h. der maximal zulässige Elektrodenabstand für einen Zylinder mit 200 mm beträgt 40 mm)

Der Korrekturfaktor für die Messung des Durchgangswiderstands wird anhand des in Abschnitt 5.1 beschriebenen Verfahrens berechnet:

Zum Beispiel: $k = A/L = (\pi \times 5^2) / 20 = 3.927$

- Prisma – wird für Würfel und Prismen verwendet. Für die Oberflächenmessung ist derzeit kein Korrekturfaktor festgelegt. Der Korrekturfaktor für die Messung des Durchgangswiderstands wird anhand des in Abschnitt 5.1 beschriebenen Verfahrens berechnet.

- Anwendungsspezifischer Korrekturfaktor – für benutzerdefinierte Korrekturfaktoren diese Funktion auswählen und den Korrekturwert direkt eingeben.
  Wird diese Funktion nicht ausgewählt, entspricht der hier angezeigte Wert dem berechneten Korrekturfaktor (k) auf der Grundlage der oben ausgewählten Optionen.

Herunterladen des Korrekturfaktors auf das Resipod

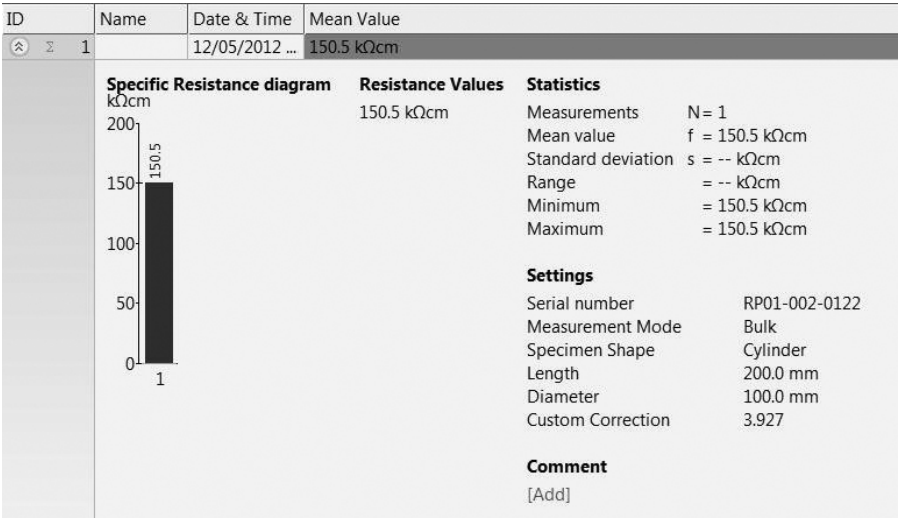
- Vorgang durch Drücken von OK abschliessen. Eine Warnung, dass alle derzeit auf dem Resipod gespeicherten Messwerte gelöscht werden, wird angezeigt.

Rechts vom Symbol kΩ erscheint ein Apostroph, der anzeigt, dass ein Korrekturfaktor eingestellt wurde.

Angewendete Korrektur = 2πa/k (“a” in cm).

Anzeige korrigierter Widerstandswerte in ResipodLink

Die Korrektureinstellungen werden mit den Messdaten gespeichert und in ResipodLink angezeigt, wie dieses Beispiel einer Messung des Durchgangswiderstands zeigt.



Notizen

Notizen

Proceq Europa
Ringstrasse 2
CH-8603 Schwerzenbach
Telefon +41-43-355 38 00
Fax +41-43-355 38 12
info-europe@proceq.com

Proceq UK Ltd.
Bedford i-lab, Priory Business Park
Stannard Way
Bedford MK44 3RZ
Vereinigtes Königreich
Telefon +44-12-3483-4515
info-uk@proceq.com

Proceq USA, Inc.
117 Corporation Drive
Aliquippa, PA 15001
Telefon +1-724-512-0330
Fax +1-724-512-0331
info-usa@proceq.com

Proceq Asia Pte Ltd
12 New Industrial Road
#02-02A Morningstar Centre
Singapur 536202
Telefon +65-6382-3966
Fax +65-6382-3307
info-asia@proceq.com

Proceq Rus LLC
Ul. Optikov 4
Korp. 2, Lit. A, Office 412
197374 St. Petersburg
Russland
Telefon/Fax + 7 812 448 35 00
info-russia@proceq.com

Proceq Middle East
P. O. Box 8365, SAIF Zone,
Sharjah, Vereinigte Arabische Emirate
Telefon +971-6-557-8505
Fax +971-6-557-8606
info-middleeast@proceq.com

Proceq SAO Ltd.
South American Operations
Alameda Jaú, 1905, cj 54
Jardim Paulista, São Paulo
Brasilien Cep. 01420-007
Telefon +55 11 3083 38 89
info-southamerica@proceq.com

Proceq China
Unit B, 19th Floor
Five Continent International Mansion, No. 807
Zhao Jia Bang Road
Shanghai 200032
Telefon +86 21-63177479
Fax +86 21 63175015
info-china@proceq.com

www.proceq.com
Änderungen vorbehalten.

Copyright © 2013 by Proceq SA, Schwerzenbach
Artikelnummer: 820 381 04 D

ISO 9001

proceq